



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 43 27 167 C 2

⑤① Int. Cl. 6:
G 01 F 23/28
G 01 D 3/028
G 05 D 19/02
G 01 H 1/04
B 06 B 1/04

⑳ Aktenzeichen: P 43 27 167.7-52
㉑ Anmeldetag: 13. 8. 93
㉒ Offenlegungstag: 18. 2. 95
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 7. 98

DE 43 27 167 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
VEGA Grieshaber KG, 77709 Wolfach, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen

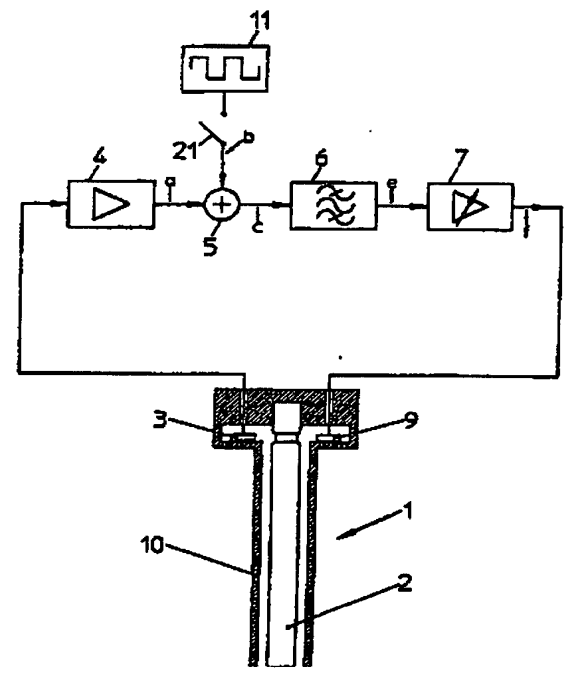
⑦② Erfinder:
Raffalt, Felix, 77718 Fischerbach, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 31 453 C1
DE 30 44 354 C2
DD 2 77 329 A1
EP 03 43 403 A1

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Feststellen eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis

⑤⑦ Verfahren zum Feststellen eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis mit einem einen Erregungswandler (9), einen Empfangswandler (3) und Schwingelemente (2, 10) aufweisenden selbsterregbaren elektromechanischen Wandlersystem, bei dem ein Ausgangswechselsignal des Empfangswandlers (3) verstärkt als Eingangswechselsignal dem Erregungswandler (9) zugeführt wird und bei Abweichung von einer vorgegebenen Amplitude des Ausgangswechselsignales eine Meldung für das Erreichen oder Unterschreiten des Füllstandes erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß dem verstärkten Ausgangssignal (a) des Empfangswandlers (3) zum Abschütten von Ablagerungen an mindestens einem der Schwingelemente (2, 10) mindestens bei einem Nichtanschwingen des elektromechanischen Wandlersystems Zusatzimpulse (25) zur überlagerten Fremderregung des elektromechanischen Wandlersystems zugeführt werden.



: 43 27 167 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zum Feststellen eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis.

Aus der DE 30 44 354 C2, DE 39 31 453 C1 sowie der EP 0 343 403 A1 sind Vorrichtungen bekannt, mit denen das Erreichen eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis festgestellt werden kann. Diese auch als Grenzstandgeber, Grenzscharter oder Vibrationssensoren bezeichneten Vorrichtungen lösen bei bestimmten Füllhöhen Schaltbefehle aus. Sie können als Maximum- oder Minimum-Schalter eingesetzt werden. Maximum-Schalter verhindern z. B. das Überfüllen von Behältern durch Abschalten der Fördereinrichtungen. Minimum-Schalter geben bei Absinken auf einen vorbestimmten Minimalstand Schaltbefehle aus. Sie werden oft als Trockenlaufschutz für Fördereinrichtungen eingesetzt.

Im allgemeinen weisen diese bekannten Vorrichtungen zwei in den Behälter ragende Schwingstäbe auf, die in einer vorbestimmten Höhe des Behältnisses angeordnet werden. Die beiden Schwingstäbe können hierbei nebeneinander oder koaxial zueinander angeordnet sein. Mittels eines ersten elektromechanischen Wandlers, nachfolgend als Erregungswandler bezeichnet, werden die beiden Schwingstäbe gemeinsam zu Eigenresonanzschwingungen angeregt, solange das Füllgut die vorbestimmte Höhe noch nicht erreicht hat. Die Amplitude der vom Erregungswandler hervorgerufenen Schwingungen wird mit Hilfe eines zweiten elektromechanischen Wandlers, nachfolgend als Empfangswandler bezeichnet, abgetastet. Das Ausgangssignal des Empfangswandlers dient dazu, festzustellen, ob das Behältnis bis zur Höhe der darin angeordneten Schwingvorrichtung mit Schüttgut oder dergleichen gefüllt ist. Wenn die Schwingvorrichtung zu Eigenresonanzschwingungen angeregt wird, bedeutet dies, daß das Schüttgut oder dergleichen noch nicht die vorbestimmte Höhe im Behältnis erreicht hat. Kommt dagegen die Schwingvorrichtung mit dem Schüttgut oder dergleichen in Kontakt, so erfolgt bei gleichbleibender Erregung eine Dämpfung der Schwingstäbe (im Falle der koaxial zueinander angeordneten Schwingstäbe eine Dämpfung des äußeren Schwingstabes), die sich in einer Abnahme der Schwingungsamplitude bis hin zum Aussetzen der empfangenen Schwingungen äußert. In einer Auswerteeinrichtung wird dies erfaßt und zur Anzeige gebracht, daß der vorbestimmte Füllstand erreicht ist. Bei Minimum-Schaltern ist das Einsetzen der Schwingungen ein Maß dafür, daß die vorbestimmte Höhe im Behältnis vom Füllgut unterschritten wurde.

Diese bekannten Vorrichtungen zum Feststellen des Erreichens oder Unterschreitens eines vorbestimmten Füllstandes können falsche Anzeigen hinsichtlich des Füllstandes verursachen, wenn das Füllgut beispielsweise die vorbestimmte Höhe noch nicht erreicht hat und sich dennoch durch den Füllvorgang im Behältnis Ablagerungen auf dem Schwingstab oder den Schwingstäben gebildet haben.

Unerwünschte Ablagerungen auf dem Schwingstab, insbesondere bei staubartigen Füllgütern (Mehl, Zement oder dergleichen), werden daher den Schwingstab auch dann bedämpfen, wenn er nicht mehr in das Füllgut eintaucht. In diesem Fall wird dauernd das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes angezeigt. Bei koaxial aufgebauten Grenzstandgebern hat eine solche Ablagerung staubartiger Füllgüter auf dem äußeren Schwing-

stab zur Folge, daß sich die Masseverhältnisse zwischen Außen- und Innenstab des Resonators ändern und daher aufgrund dieser Verstimmung die Güte des gesamten Schwingystems abnimmt. In der Praxis ergibt sich deshalb das Problem, daß ein derart mit Füllgutablagerungen bedeckter Schwingstab nicht mehr anschwingt und somit trotz abgesunkenem Füllstand weiterhin einen bedeckten Zustand signalisiert.

Es sind bereits Verfahren und Vorrichtungen bekannt, dieses Problem zu lösen. In der eingangs genannten DE 30 44 354 C2 wird der Schwingstab vom Erregungswandler intermittierend mit Pulsen erregt und die Abklingzeitdauer gemessen, in der die Amplitude des schwingenden Schwingstabes in der Pause zwischen zwei Erregungsimpulsen bis zu einem vorbestimmten Schwellenwert absinkt. Das Erreichen des Füllstandes wird gemeldet, sobald die gemessene Abklingzeitdauer unter eine vorgegebene Zeitdauer gesunken ist. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß das Abschütteln von Füllgutablagerungen auf dem Schwingssystem durch einzelne Pulse nur unzureichend bewirkt wird.

Die EP 0 343 403 A1 schlägt zur Lösung dieses Problems eine Schaltungsanordnung zur Selbsterregung eines mechanischen Schwingystems zu Eigenresonanzschwingungen vor, die ein elektromechanisches Wandler-System enthält, das im Rückkopplungskreis einer elektronischen Verstärkerschaltung angeordnet ist, so daß es durch die Ausgangsspannung der Verstärkerschaltung zu mechanischen Schwingungen angeregt wird und zum Eingang der Verstärkerschaltung eine Wechselspannung mit der Frequenz der mechanischen Schwingungen liefert. Die Verstärkerschaltung weist dort eine nichtlineare Verstärkungskennlinie auf, die bei kleinen Werten des Eingangssignales eine größere Verstärkung als bei größeren Werten des Eingangssignales ergibt. Damit wird erreicht, daß auch geringe Eingangsamplituden zu einem wertvollen Erregersignal verstärkt werden, um ein Anschwingen des Resonators zu ermöglichen, während größere Eingangssignale weniger verstärkt werden, um die Störbeeinflussbarkeit des Schwingensystems gegenüber mechanischen und elektrischen Fremdstoreinwirkungen nicht zu sehr zu erhöhen. Somit ist mit dieser Anordnung ein sicheres Anschwingen auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen gewährleistet, während andererseits die Gefahr von Fehleranzeigen des Schwingungszustandes, beispielsweise in Folge von Fremdvibrationen, verringert ist.

Problematisch bei diesem Verfahren ist jedoch, daß — ein vertretbarer schaltungstechnischer Aufwand vorausgesetzt — die gewöhnlicherweise mittels Halbleitern aufgebauten nichtlinearen Verstärker sich in der Praxis in Bezug auf einen weiten Temperatureinsatzbereich als zu instabil erwiesen haben und daher das Feststellen des Erreichens eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis verschlechtert wird, wenn als Füllgut leichtes bzw. sehr leichtes Füllgut eingesetzt wird. Darüber hinaus steht zum Anschwingen nicht die maximale Erregeramplitude zur Verfügung, da zu diesem Zweck die Verstärkung auf einen Wert anzuheben wäre, der das elektromechanische Wandler-System gegenüber äußeren Störungen zu empfindlich gestalten würde.

Wenn man aber statt der nichtlinearen Verstärkungskennlinie zur Vermeidung füllgutansatzbedingter Fehlfunktionen eine lineare Verstärkerkennlinie einsetzen würde, d. h. eine erhöhte Verstärkung nicht nur bei kleinen Empfangsamplituden, sondern generell auch bei maximalen Schwingamplituden des mechanischen

Wandlersystems, so wäre der Grenzstandgeber zwangsläufig detektionsunempfindlicher. Denn zur Schwingungsdämpfung wären dann erhöhte Dämpfungskräfte aufzubringen, was gleichbedeutend damit ist, daß leichte massearme Füllgüter, wie z. B. Styropor, Schaumstoffe oder dergleichen, keine ausreichende Dämpfung mehr erzielen könnten und damit also nicht mehr detektierbar sind.

In DD 2 77 329 A1 ist ebenfalls eine Lösungsmöglichkeit beschrieben, mit der an Schwingstäben anhaftende Ablagerungen abschüttelbar sein sollen. Die dort beschriebene Füllstand-Meßvorrichtung weist hierfür einen an eine Piezomembran angeschlossenen Oszillator, der mit einem Schwellwertschalter in Verbindung steht, auf. Der Schwellwertschalter ist ausgangsseitig einerseits an einen Impulsverstärker und andererseits an einem Verstärker angeschlossen. Der Impulsverstärker ist ausgangsseitig sowohl mit dem Schwellwertschalter als auch mit dem Oszillator in Verbindung. Sobald während eines Entleerungsvorganges des Behälters aufgrund der geringer werdenden Dämpfung der Piezomembran der Oszillator anfängt zu schwingen, erzeugt der Schwellwertschalter an seinem Ausgang ein Signal, das an den Impulsverstärker weitergegeben wird. Der Impulsverstärker erzeugt einen erhöhten Spannungsimpuls, der der Speisespannung des Oszillators überlagert wird. Durch diesen Spannungsimpuls wird die Speisespannung des Oszillators schlagartig erhöht, wodurch der Oszillator seine Ausgangsleistung und damit die Piezomembran ihre Schwingungsamplitude steigert, was zum Abschütteln von Ablagerungen der Piezomembran führen soll. Problematisch bei dieser Lösung ist jedoch, daß der Oszillator erst anschlagen muß, damit die Speisespannung des Oszillators erhöht wird. Schwingt das Wandlersystem aufgrund von Ablagerungen an den Schwingstäben überhaupt nicht an, kommt es nicht zu der erwünschten Speisespannungserhöhung am Oszillator.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, bei dem die Fremdstörbeeinflussung gering ist und gleichzeitig über einen weiten Temperaturbereich eine gute Detektionsempfindlichkeit gewährleistet bleibt. Darüber hinaus soll dies mit einem möglichst geringen schaltungstechnischen Aufwand erreicht werden, der es gestattet, das Verfahren in jedem Schüttgut-Vibrationssensor einzusetzen.

Diese Aufgabe wird für das Verfahren durch die Merkmale des Anspruchs 1 und für die Vorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 8 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung beruht also im wesentlichen darauf, daß bei einer bisher bekannten Schwingvorrichtung zum Feststellen des Erreichens eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis zusätzlich ein Generator zum Erzeugen von Zusatzimpulsen vorgesehen ist, die der Erregervorrichtung zugeführt werden, um evtl. auf der Schwingvorrichtung vorhandene Ablagerungen abschütteln zu können. Diese Zusatzimpulse weisen vorzugsweise eine deutlich niedrigere Frequenz auf als ein Ausgangsschweblsignal der Schwingvorrichtung bei Selbsterregung. Darüber hinaus weisen diese Zusatzimpulse eine so hohe Amplitude auf, daß ein Abschütteln von evtl. vorhandenen Ablagerungen bzw. Ansätzen auf der Schwingvorrichtung sicher möglich ist.

elektrische Erregerleistung für den Erregungswandler geringer ausgelegt werden kann als bei Vorrichtungen ohne die Fremderregungseigenschaften durch Zusatzimpulse. Damit eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere zur Anwendung in explosionsgefährdeter Umgebung.

In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung werden die Zusatzimpulse nur dann hinzugefügt, solange die Schwingvorrichtung nicht zu Eigenresonanzschwingungen erregt ist, d. h. das elektromechanische Wandlersystem nicht selbsterregt ist. Durch diese Maßnahme wird ein asynchrones Einwirken auf die Eigenresonanzschwingung der Schwingvorrichtung weitgehend vermieden. Da die Detektion der Eigenresonanzschwingung bei den erfindungsgemäßen Vorrichtungen ohnehin zur Bestimmung des binären Füllstandausgangssignales des Grenzstandgebers erfolgt, bietet sich das so gewonnene Signal gleichzeitig zur Steuerung des Generators zum Erzeugen der Zusatzimpulse an.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß die Zusatzimpulse aus einem Signalgenerator gewonnen werden, der ein Rechtecksignal mit im Vergleich zum Schwingungsdetektionssinussignal am Ausgang des die Ausgangsschweblspannung der Schwingvorrichtung verstärkenden Verstärkereinrichtung höherer, mindestens aber gleich hoher Amplitude und einer im Vergleich zur Resonanzfrequenz der Schwingvorrichtung deutlich niedrigeren Frequenz aufweist. Das Summensignal aus verstärkter Ausgangsschweblspannung des Empfangswandlers und Rechtecksignal wird anschließend bandpaßgefiltert und vorzugsweise spitzwertbegrenzt. Das bandpaßgefilterte und vorzugsweise spitzwertbegrenzte Summensignal wird über eine beispielsweise einstellbare Verstärkereinrichtung als Erregersignal dem Erregungswandler zugeführt. Die Frequenz des Rechtecksignals ist vorzugsweise konstant und beträgt etwa 1% der Resonanzfrequenz des mechanischen Wandlersystems. Die Frequenz kann jedoch, falls notwendig, auch in geeigneter Weise variabel sein. Die Amplitude des Rechtecksignals entspricht vorzugsweise der maximalen Amplitude des Ausgangsschweblsignals des das Ausgangsschweblsignal des Empfangswandlers verstärkenden Verstärkers bei ungedämpft schwingendem elektromechanischen Schwingssystem, d. h. also, solange das Füllgut den vorgegebenen Füllstand noch nicht erreicht hat und keine Ablagerungen an einem der Schwingstäbe anliegen.

Es ist hier anzumerken, daß die Erzeugung der Zusatzimpulse auch auf andere Weise als mit einem Rechteckgenerator und nachfolgender Bandpaßfilterung erfolgen kann. Die Zusatzimpulse können beispielsweise auch aus einem geeigneten Impulsgenerator, vorzugsweise einem Nadelimpulsgenerator, gewonnen werden.

Durch das Vorhandensein des das Summensignal verändernden Spitzwertbegrenzers und der einstellbaren Verstärkereinrichtung läßt sich sowohl die Schleifenverstärkung des elektrischen Rückkopplungskreises als auch die absolute Erregeramplitude einstellen. Da hierbei auch die vom Signalgenerator erzeugte Signalkomponente aus dem Rechtecksignal simultan mitverändert wird, ergibt sich im geschlossenen Rückkopplungskreis die gewünschte weite Veränderbarkeit der Füllgutdetektionssensitivität. Bei minimaler Abschwächungseinstellung treten die durch die Bandpaßeinrichtung aus dem Rechtecksignal erzeugten Nadelimpulse im Summensignal mit voller Amplitude auf und führen aufgrund der hohen Schleifenverstärkung zu einem

schwingvorgang, welcher die Wirksamkeit Anhaftungen abzuschütteln stark erhöht. Durch die auf diese Weise periodisch überlagerte Fremderregung des Empfangswandlers ist es möglich, Füllgutablagerungen selbst dann abzuschütteln, wenn deren Masse so hoch ist, daß sie eine Eigenerrregung des Schwingensystems nicht mehr ermöglichen.

Bei maximaler Abschwächungseinstellung dagegen ist das der Erregervorrichtung zugeführte Erregersignal mit den darin befindlichen Nadelimpulsen nur von geringer Amplitude. Aufgrund der gleichfalls reduzierten Schleifenverstärkung erfolgt kein Nachschwingen als Folge eines Nadelimpulses. Dem mechanischen Wandler-System ist es damit möglich, selbst leichteste Füllgüter (wie z. B. Styropor, Schaumstoffe etc.) sicher zu detektieren, ohne daß die Gefahr besteht, daß der Schwingstab trotz Bedeckung durchschwingt.

In einer bevorzugten Weiterbildung ist zwischen den Generator zum Erzeugen der Zusatzsignale und der Summiereinrichtung eine Schalteinrichtung angeordnet, die entweder manuell oder über eine Steuereinrichtung einschaltbar ist. Diese Maßnahme erlaubt es, die Zusatzimpulse nur so lange zu erzeugen, wie es für ein Abschütteln von Ablagerungen am Schwingstab notwendig ist, d. h. beispielsweise bis zu einem erfolgten Anschwingen der Schwingvorrichtung. Damit wird ein asynchrones Einwirken auf die Resonanzschwingung vermieden.

Da die Detektion des Resonanzschwingens des mechanischen Wandler-Systemes ohnehin zur Bestimmung herangezogen wird, ob der vorgegebenen Füllstand bereits erreicht ist oder nicht, bietet sich das dabei gewonnene Signal gleichzeitig zur Steuerung dieser Schalteinrichtung an.

Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung zum Feststellen des Erreichens eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behälter,

Fig. 2 ein detaillierteres Schaltbild einer Vorrichtung nach Fig. 1,

Fig. 3 Signalverläufe in der Schaltung nach den Fig. 1 und 2 bei bedecktem Schwingstab und minimaler Abschwächungseinstellung der einstellbaren Verstärkereinrichtung in Fig. 1 bzw. Fig. 2 und

Fig. 4 Signalverläufe in der Schaltung nach den Fig. 1 und 2 bei bedecktem Schwingstab und maximaler Abschwächungseinstellung der einstellbaren Verstärkereinrichtung in Fig. 1 bzw. Fig. 2.

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild einer mechanischen Schwingvorrichtung 1, die zu Schwingungen mit der Eigenresonanzfrequenz angeregt werden kann. Dieses mechanische Schwingensystem weist in dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1 zwei Schwingelemente, ein inneres Schwingelement 2 und ein äußeres Schwingelement 10, auf, die in einem Füllstandsensor koaxial zueinander angeordnet sind. Beide Schwingelemente 2, 10 sind gemeinsam mit zwei jeweils Anschlüssen aufweisenden elektromechanischen Wandlern 3, 9 in Verbindung. Der erste elektromechanische Wandler 3 ist hier der Empfangswandler, während der zweite elektromechanische Wandler 9 der Sendewandler ist.

Die beiden Schwingelemente 2, 10 und die zugeordneten elektromechanischen Wandler 3, 9 bilden in der Praxis als Füllstandsensor eine bauliche Einheit und werden zum Feststellen des Erreichens oder Unter-

schreitens eines vorbestimmten Füllstandes in ein Behälter in Höhe des zu bestimmenden Füllstandes angeordnet. Dem elektromechanischen Erregungswandler 9 wird dabei ein elektrisches Wechselspannungssignal zugeführt, das die Schwingelemente 2, 10 gemeinsam in gegensinnige mechanische Schwingungen versetzt. Das dem Füllgut zugängliche äußere Schwingelement 10 dient als Sensorelement der mechanischen Schwingvorrichtung 1. Das innere Schwingelement 2 schwingt gegensinnig zum äußeren Schwingelement 10, um eine Schwingmomentkompensation zu bewirken und damit den die Schwinggüte beeinflussenden Schwingenergieabfluß zu verhindern. Die mechanischen Schwingungen der Schwingvorrichtung 1 werden im elektromechanischen Empfangswandler 3 in ein elektrisches Wechselspannungssignal umgeformt.

Sobald der Füllstandsensor in das Füllgut eingetaucht ist, werden die Schwingungen so stark gedämpft, daß sie aussetzen, wodurch festgestellt wird, daß das Füllgut den vorbestimmten Füllstand erreicht hat.

Im Blockschaltbild von Fig. 1 ist die Schwingvorrichtung 1 ausgangsseitig, d. h. also der Anschluß des elektromechanischen Wandlers 3, über eine Verstärkereinrichtung 4 mit einer ersten Eingangsklemme einer Summiereinrichtung 5 verbunden. Eine zweite Eingangsklemme dieser Summiereinrichtung 5 ist mit einem Signalgenerator 11 — vorzugsweise über eine Schalteinrichtung 21 — in Verbindung. Eine Ausgangsklemme der Summiereinrichtung 5 ist an eine Filtereinrichtung 6 angeschlossen, die ausgangsseitig über eine veränderbare Verstärkereinrichtung 7 mit dem Anschluß des elektromechanischen Wandlers 9 und damit mit dem Eingang der Erregervorrichtung der Schwingvorrichtung 1 in Verbindung steht.

Für den Fall, daß die Schalteinrichtung 21 ausgeschaltet ist und damit Impulse des Signalgenerators 11 nicht an die Summiereinrichtung 5 gelangen können, funktioniert die in Fig. 1 gezeigte Schaltung in an sich bekannter Weise als Schaltungsanordnung zur Selbsterregung des mechanischen Schwingensystems zu Eigenresonanzschwingungen.

Um zu gewährleisten, daß trotz Ablagerungen auf dem äußeren Schwingelement 10 ein sicheres Anschwingen der Schaltungsanordnung möglich ist, werden der Summiereinrichtung 5 und damit dem durch die Verstärkereinrichtung 4 erzeugten Ausgangssignal Zusatzimpulse in der Summiereinrichtung 5 hinzugefügt, die geeignet sind, Ablagerungen auf dem äußeren Schwingelement 10 abzuschütteln. Es ist bereits anhand der Fig. 1 ersichtlich, daß selbst dann, wenn die Verstärkereinrichtung 4 kein Ausgangssignal erzeugt, bei eingeschalteter Schalteinrichtung 21 die vom Signalgenerator 11 erzeugten Impulse über die Filtereinrichtung 6 und die einstellbare Verstärkereinrichtung 7 an den elektromechanischen Erregungswandler 9 gelangen können, um den Schwingstab 10 in Schwingungen zu versetzen. Damit kann das äußere Schwingelement 10 erregt werden, ohne daß am Ausgang des elektromechanischen Wandlers 3 der Schwingvorrichtung 1 ein Ausgangsschwelelssignal anliegt, d. h. keine Selbsterregung stattfindet.

In der Fig. 1 sind Bezugszeichen a, b, c, e und f eingezeichnet, die jeweils die auf den entsprechenden Leitungen angegebenen Signale kennzeichnen. Auf diese Signale wird im Zusammenhang mit der Erläuterung der Fig. 3 und 4 noch ausführlich eingegangen.

Es ist anzumerken, daß die elektromechanischen Wandler 3, 9 von beliebiger, an sich bekannter Art sein

können. Die elektromechanischen Wandler 3, 9 können beispielsweise magnetostriktive oder elektrodynamische Wandler mit Spulen, piezoelektrische Wandler oder dergleichen sein.

In Fig. 2 ist ein zu Fig. 1 detaillierteres Schaltbild dargestellt. Gleiche Bezugszeichen stehen wieder für die bereits bekannten Teile. Das am Ausgang des elektromechanischen Wandlers 3, also des Empfangswandlers (hier als piezoelektrischer Wandler dargestellt) anstehende Ausgangswechselsignal wird über die Verstärkereinrichtung 4 der ersten Eingangsklemme der Summiereinrichtung 5 zugeführt. Die Verstärkereinrichtung 4 dient zur Aufbereitung des Ausgangswechselsignales der Schwingvorrichtung 1 und kann neben der Verstärkung dieses Signals auch weitere in der Fig. 2 nicht dargestellte Komponenten enthalten, um das Ausgangswechselsignal der Schwingvorrichtung 1 beispielsweise in geeigneter Weise zu filtern. Das verstärkte und gegebenenfalls gefilterte Ausgangswechselsignal der Verstärkereinrichtung 4 ist in Fig. 2 mit a bezeichnet und wird in der Summiereinrichtung 5 zu Impulsen b des Signalgenerators 11 summiert. Der Signalgenerator 11 erzeugt vorzugsweise ein Rechtecksignal, dessen Frequenz beispielsweise 1% der Resonanzfrequenz des mechanischen Schwingensystems beträgt. Diese Frequenz ist vorzugsweise konstant, kann bei Bedarf aber auch in geeigneter Weise variabel sein. Das vom Signalgenerator 11 erzeugte Rechtecksignal weist eine in Vergleich zur Resonanzfrequenz des mechanischen Schwingensystems deutlich niedrigere Frequenz auf. Vorzugsweise ist die Amplitude des Rechtecksignales b mindestens so groß wie die maximale Ausgangsamplitude des Ausgangswechselsignales a der Verstärkereinrichtung 4 bei ungedämpft schwingendem mechanischem Schwingensystem.

Das Summensignal c am Ausgang der Summiereinrichtung 5 von Rechtecksignal b und Ausgangswechselspannung a der Verstärkereinrichtung 4 wird der Filtereinrichtung 6 zugeführt. Diese Filtereinrichtung 6 besteht beispielsweise aus einem Bandpaßfilter 12, dessen Durchlaßbereich auf die Grundwelle der Resonanzfrequenz des mechanischen Schwingensystems abgestimmt ist. Dadurch wird erreicht, daß die deutlich niederfrequenteren Rechteckkomponente des Summensignales c auf diese Weise stark differenziert wird und am Ausgang des Bandpaßfilters 12 als abwechselnd positive und negative Nadelimpulse ansteht, die dem evtl. vorhandenen Signal a, d. h. dem Schwingungsdetektionssignal, überlagert sind. Das Signal am Ausgang des Bandpaßfilters 12 ist mit d bezeichnet und wird in der Darstellung von Fig. 2 einem Spitzenwertbegrenzer 13 zugeführt und dort in der Amplitude begrenzt. Das am Ausgang des Spitzenwertbegrenzers 13 anstehende Signal e wird schließlich über die ausgangsseitige Verstärkereinrichtung dem Erregungswandler 9 zugeführt. Die Verstärkereinrichtung 7 weist einen einstellbaren Abschwächer 14 auf, der das Eingangssignal e in gewünschter und vorzugsweise einstellbarer Weise abschwächt. Dieser Abschwächer 14 steuert dann eine Endverstärkereinrichtung 15 an, welche das Erregersignal für den elektromechanischen Erregungswandler 9, beispielsweise einen piezoelektrischen Wandler, liefert.

Der einstellbare Abschwächer 14 dient in Verbindung mit dem Spitzenwertbegrenzer 13 dazu, sowohl die Schleifenverstärkung des elektrischen Rückkopplungskreises des mechanischen Schwingensystems (d. h. die Komponenten 4, 5, 6 und 7) als auch die absolute Erre-

11 erzeugte Signalkomponente simultan mitverändert wird, ergibt sich im geschlossenen Schwingkreis aus mechanischem Schwingensystem und Rückkopplungskreis eine vorteilhafte weite Veränderbarkeit der Füllgutdetektionssensitivität. Bei minimaler Abschwächungseinstellung im Abschwächer 14 treten die aus dem Signalgenerator 11 gewonnenen Nadelimpulse im Erregersignal mit voller Amplitude auf und führen aufgrund der hohen Schleifenverstärkung des Rückkopplungskreises zu einem über mehrere Perioden sich erstreckenden Nachschwingvorgang, welcher die Wirksamkeit Anhaftungen abzuschütteln stark erhöht. Durch die auf diese Weise periodisch überlagerte Fremderregung des Schwingstabes ist es möglich, auf diesem befindliche Ablagerungen bzw. Ansätze selbst dann abzuschütteln, wenn deren Masse so hoch ist, daß sie eine Selbsterregung des Schwingensystems nicht mehr ermöglichen.

Bei maximaler Abschwächungseinstellung des Abschwächers 14 hingegen ist das Erregersignal mit den Nadelimpulsen nur von geringer Amplitude. Aufgrund der gleichfalls reduzierten Schleifenverstärkung erfolgt dann kein Nachschwingen als Folge eines solchen Impulses. Der Schwingvorrichtung 1 ist es damit möglich, selbst leichteste Füllgüter sicher zu detektieren, ohne daß die Gefahr besteht, daß der Schwingstab trotz Bedeckung durchschwingt.

Da zur Erzeugung der aus dem Rechtecksignal b des Signalgenerators 11 gewonnenen Nadelimpulse die Filtereinrichtung 6 bzw. das Bandpaßfilter 12 dient, das auf die Grundwelle des mechanischen Schwingensystems abgestimmt ist, wird diese von den Nadelimpulsen auch bevorzugt erregt, wodurch sich zum einen ein guter Anregungswirkungsgrad ergibt sowie die Erregung unerwünschter Oberwellen vermieden wird.

In Fig. 3 sind die Signalverläufe des Ausgangswechselsignales a der Verstärkereinrichtung 4, das Rechtecksignal b des Signalgenerators 11, das Summensignal c am Ausgang der Summiereinrichtung 5 und das Ausgangssignal f am Ausgang der einstellbaren Verstärkereinrichtung 7 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, daß die Frequenz der Rechteckimpulse b wesentlich niedriger als die Frequenz des Ausgangssignales a der Verstärkereinrichtung 4 für den Fall der ungedämpften Schwingung des mechanischen Schwingensystems ist. Bei minimaler Abschwächungseinstellung der einstellbaren Verstärkereinrichtung 7 treten die durch die Bandpaßeinrichtung 5 aus dem Rechtecksignal erzeugten Nadelimpulse im Summensignal mit voller Amplitude auf und führen aufgrund der hohen Schleifenverstärkung zu einem über mehrere Perioden sich erstreckenden Nachschwingvorgang, der anhand des Signalverlaufes des nachschwingenden Ausgangswechselsignales a zu sehen ist. Durch die auf diese Weise periodisch überlagerte Fremderregung des Empfangswandlers ist es möglich, Füllgutablagerungen selbst dann abzuschütteln, wenn deren Masse so hoch ist, daß sie eine Eigenregung des Schwingensystems nicht mehr ermöglichen. Die aus dem Rechtecksignal b in der Filtereinrichtung 6 erzeugten positiven und negativen Nadelimpulse sind mit dem Bezugszeichen 25 versehen. Durch den Spitzenwertbegrenzer 13 können diese Nadelimpulse 25 in der Amplitude begrenzt werden, was durch die Kappung der Sinuskurvenform angedeutet ist.

Fig. 4 ist ähnlich der Darstellung von Fig. 3, allerdings sind in Fig. 3 die Signalverläufe bei bedecktem Schwingelement und maximaler Abschwächungseinstellung der einstellbaren Verstärkereinrichtung 7 ge-

besteht jetzt darin, daß es aufgrund der minimalen Abschwächungseinstellung nicht zu dem oben erwähnten Nachschwingvorgang kommt. Das dem Erregungswandler zugeführte Erregersignal mit den darin befindlichen Nadelimpulsen ist nur von geringer Amplitude. Aufgrund der gleichfalls reduzierten Schleifenverstärkung erfolgt somit kein Nachschwingen als Folge eines Nadelimpulses. Dem mechanischen Wandler-System ist es damit möglich, selbst leichteste Füllgüter (wie z. B. Styropor, Schaumstoffe etc.) sicher zu detektieren, ohne daß die Gefahr besteht, daß der Schwingstab trotz Bedeckung durchschwingt.

Im Zusammenhang mit den Fig. 3 und 4 ist noch anzumerken, daß aus Darstellungsgründen das Verhältnis der Selbsterregerfrequenz zu jener der Zusatzimpulse 25 stark reduziert gezeigt ist. Realiter liegt es bei etwa 300 : 1.

In den Darstellungen der Fig. 3 und 4 ist angenommen, daß das Rechtecksignal b und damit die Nadelimpulse auch dann der Summiereinrichtung 5 zugeführt werden, wenn das mechanische Schwingssystem durch Selbsterregung schwingt. In einer Weiterbildung der Erfindung ist es jedoch vorgesehen, die Zusatzimpulse nur bis zu einem vorgegebenen Zeitpunkt zu erzeugen. So werden die Zusatzimpulse beispielsweise zum Feststellen des Erreichens eines vorgegebenen Füllstandes nur so lange erzeugt, bis das mechanische Schwingssystem durch Selbsterregung zu schwingen beginnt. Dies hat den Vorteil, daß ein asynchrones Einwirken auf die Resonanzschwingung vermieden wird.

Hierzu sind die der Summiereinrichtung 5 zugeführten Rechteckimpulse b über eine Schalteinrichtung 21 an- bzw. abschaltbar, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Da die Detektion des Schwingzustandes durch Selbsterregung der Schaltungsanordnung in Fig. 2 ohnehin zur Bestimmung des Füllstandes erfolgt, wird das dabei gewonnene Signal gleichzeitig zur Steuerung der Schalteinrichtung 21 bzw. zum Ein- und Ausschalten des Signalgenerators 11 verwendet.

Zu diesem Zweck wird (vgl. wieder Fig. 2) das Ausgangssignal e der Filtereinrichtung 6 einem Meßgleichrichter 16 zugeführt, der dieses Ausgangssignal in eine amplitudenproportionale Gleichspannung umwandelt. Diese Gleichspannung wird einem Schwellwertschalter 17 zugeführt und, sobald eine bestimmte Gleichspannungsamplitude überschritten wird, d. h. eine bestimmte Schwingamplitude erreicht ist, schaltet das Ausgangssignal des Schwellwertschalters 17 von logisch "0" auf logisch "1". Dieses Signal kann dann zum Ausschalten der Schalteinrichtung 21 bzw. des Signalgenerators 11 verwendet werden.

Um ein sichereres Schalten zu gewährleisten, ist die gerade beschriebene Auswerteschaltung 22 jedoch in folgender Weise erweitert. Die amplitudenproportionale Gleichspannung am Ausgang des Meßgleichrichters 16 wird einer ersten Eingangsklemme einer Additionseinrichtung 23 zugeführt. Eine Ausgangsklemme dieser Additionseinrichtung 23 wird über den Schwellwertschalter 17 einer Integriereinrichtung 18 und einem eine Hysterese aufweisenden Schwellwertschalter 19 zugeführt. Damit wird das am Ausgang des Schwellwertschalters 17 anstehende Signal, z. B. in einem Zeitverzögerungsglied, aufintegriert und einem zweiten Komparator in Form des Schwellwertschalters 19 zugeführt, welcher in seinem Schaltverhalten eine Hysterese aufweist. Der Schaltzustand dieses Schwellwertschalters 19 mit Hysterese stellt den Ausgangswert des Füllstandensensors dar und wird mittels einer Anzeigeeinrichtung,

beispielsweise einer von einem Relais 20 geschalteten optischen Anzeige, ausgegeben. Zur Vermeidung von Flattervorgängen der Auswerteeinrichtung 22 wird deren Wert nach Art einer Mitkopplung einem zweiten Eingang der Additionsstufe 23 zugeführt und zur Erzeugung einer Schalthysterese aufaddiert. Eine solche Anordnung zeigt ein zeitverzögertes Schalten, was insbesondere bei unruhigen Füllgütern, z. B. während des Befüll- und Entleervorganges des Füllgutbehälters, günstig ist.

Die Steuerung des Signalgenerators 11 erfolgt ebenfalls anhand des Ausgangssignals des Schwellwertschalters 19. Ist dieses Ausgangssignal logisch "1", so schaltet dies die Schalteinrichtung 21 bzw. den Signalgenerator 11 ab.

Die Verknüpfung der Komponenten 17, 18, 19 und 23 dient neben der Ausfilterung diverser externer Störeinflüsse unter anderem auch dazu, daß die im auszuwertenden Signal enthaltenen Nadelimpulse für die Bestimmung des Füllstandes ohne Auswirkung bleiben.

Durch die mehrfache Nutzung bereits standardmäßig vorhandener signalverarbeitender Komponenten ergibt sich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Feststellen des Erreichens oder Unterschreitens eines vorgegebenen Füllstandes mit einem Füllstandsensor ein äußerst geringer zusätzlicher Schaltungsaufwand.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht beispielsweise mit koaxial aufgebauten Schwingstäben je nach eingestellter Empfindlichkeit, Füllgüter in einem Schüttdichtebereich von 1 : 1000 sicher zu detektieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feststellen eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis mit einem einen Erregungswandler (9), einen Empfangswandler (3) und Schwingelemente (2, 10) aufweisenden selbst-erregbaren elektromechanischen Wandler-System, bei dem ein Ausgangswechselsignal des Empfangswandlers (3) verstärkt als Eingangsswechselsignal dem Erregungswandler (9) zugeführt wird und bei Abweichung von einer vorgegebenen Amplitude des Ausgangswechselsignales eine Meldung für das Erreichen oder Unterschreiten des Füllstandes erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß dem verstärkten Ausgangssignal (a) des Empfangswandlers (3) zum Abschütteln von Ablagerungen an mindestens einem der Schwingelemente (2, 10) mindestens bei einem Nichtanschwingen des elektromechanischen Wandler-Systemes Zusatzimpulse (25) zur überlagerten Fremderregung des elektromechanischen Wandler-Systemes zugeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzimpulse (25) eine niedrigere Frequenz als das Ausgangswechselsignal der Schwingvorrichtung (1) bei Selbsterregung aufweisen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzimpulse (25) eine Amplitude aufweisen, die mindestens so groß ist wie das verstärkte Ausgangswechselsignal (a) der Schwingvorrichtung (1) bei Selbsterregung.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzimpulse (25) nur dann zugeführt werden, solange die Schwingvorrichtung (1) nicht dauerhaft zu Eigenre-

sonanzschwingungen erregt ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzimpulse (25) aus einem Rechtecksignal (b) abgeleitet, dem verstärkten Ausgangswechselsignal (a) hinzugeführt und anschließend als Summensignal (c) bandpaßgefiltert dem Erregungswandler (9) zugeführt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das bandpaßgefilterte Summensignal (c) spitzenwertbegrenzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das dem Erregungswandler (9) zugeführte Summensignal (c) einstellbar verstärkt wird.

8. Vorrichtung zum Feststellen eines vorbestimmten Füllstandes in einem Behältnis mit den Merkmalen, daß ein selbsterregbares elektromechanisches Wandler-System vorgesehen ist mit einer Schwingvorrichtung (1), die zwei in ein Behältnis einsetzbare Schwingelemente (2, 10), einen ausgangsseitigen Empfangswandler (3) und einen eingangsseitigen Erregungswandler (9) aufweist und ausgangsseitig über eine Verstärkereinrichtung (4) mit einer ersten Eingangsklemme einer Summiereinrichtung (5) verbunden ist, daß eine zweite Eingangsklemme der Summiereinrichtung (5) mit einem Signalgenerator (11) zum Erzeugen von Zusatzimpulsen (25) verbunden ist und daß eine Ausgangsklemme der Summiereinrichtung (5) über eine Filtereinrichtung (6) und nachfolgende Verstärkeranordnung (7) mit dem Erregungswandler (9) in Verbindung steht, wobei Mittel (21) vorgesehen sind, die die vom Signalgenerator (11) erzeugbaren Zusatzimpulse (25) mindestens bei einem Nichtanschwingen der Schwingvorrichtung (1) der zweiten Eingangsklemme der Summiereinrichtung (5) zuführen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die nachfolgende Verstärkeranordnung (7) einen einstellbaren Verstärkungsfaktor aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz des Signalgenerators (11) einstellbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die zweite Eingangsklemme der Summiervorrichtung (5) und den Signalgenerator (11) eine Schalteinrichtung (21) geschaltet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (22) zum Erfassen einer Eigenresonanzschwingung der Schwingvorrichtung (1) vorgesehen ist und daß zur Steuerung der Schalteinrichtung (21) die Einrichtung (22) mit der Schalteinrichtung (21) in Verbindung steht.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (22) zum Erfassen einer Eigenresonanzschwingung der Schwingvorrichtung (1) eine Gleichrichteranordnung (16) aufweist, die eingangsseitig an einem Ausgang der Filtereinrichtung (6) und ausgangsseitig über eine Schwellwertschalteinrichtung (17) an die Schalteinrichtung (21) geschaltet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die Schalteinrichtung (21) und die Schwellwertschalteinrichtung (17) ein

wertschalter (19) mit Hysterese geschaltet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die Gleichrichteranordnung (16) und die Schwellwertschalteinrichtung (17) eine Additionseinrichtung (23) geschaltet ist, die ausgangsseitig mit der Schwellwertschalteinrichtung (17) und eingangsseitig mit einem Ausgang der Gleichrichteranordnung (16) und einem Ausgang des Schwellwertschalters (19) verbunden ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingvorrichtung (1) als Empfangswandler (3) und Erregungswandler (9) jeweils einen elektrodynamischen Wandler, einen magnetostriktiven Wandler oder einen piezoelektrischen Wandler aufweisen.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (6) einen Spitzenwertbegrenzer (13) aufweist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

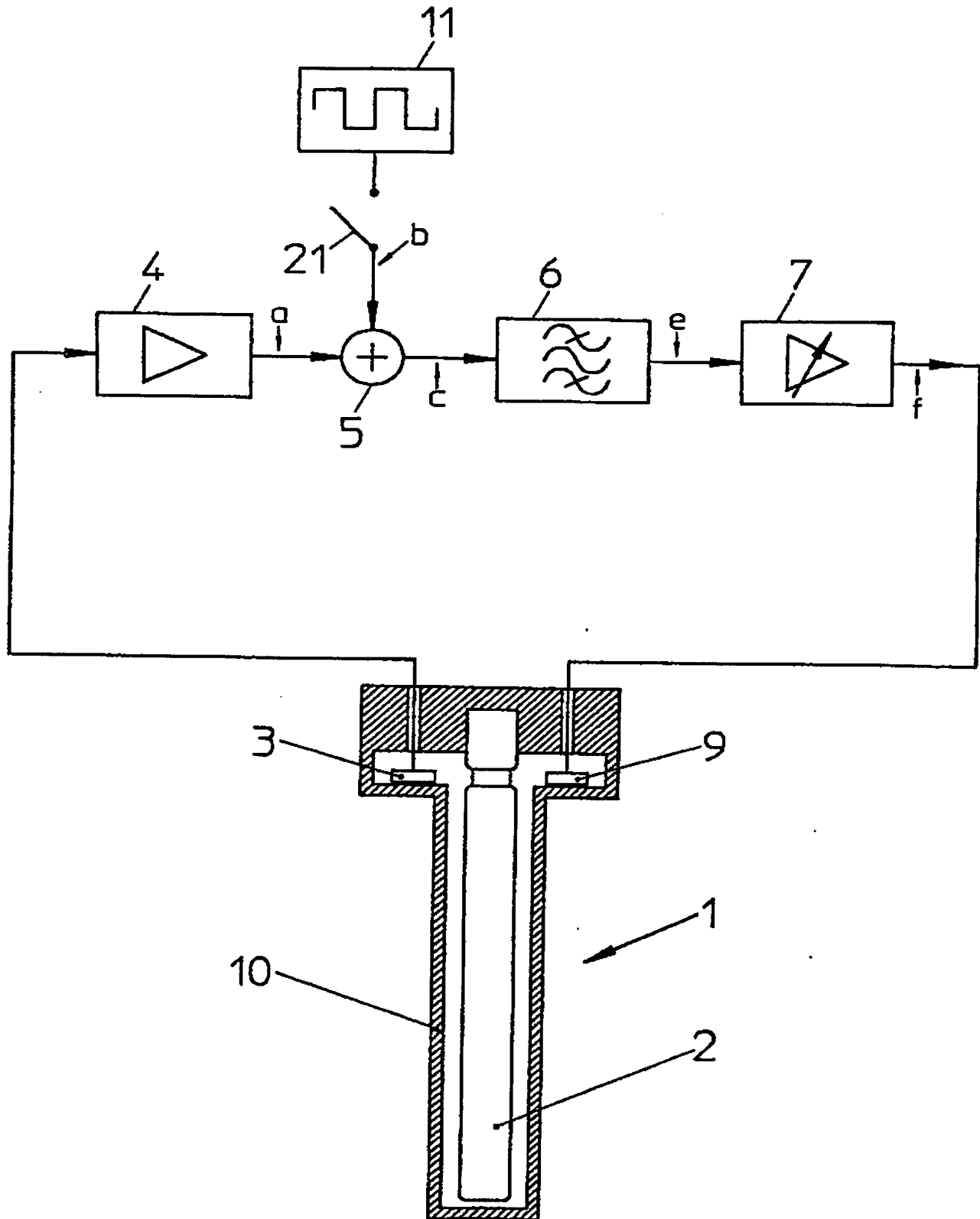


Fig. 1

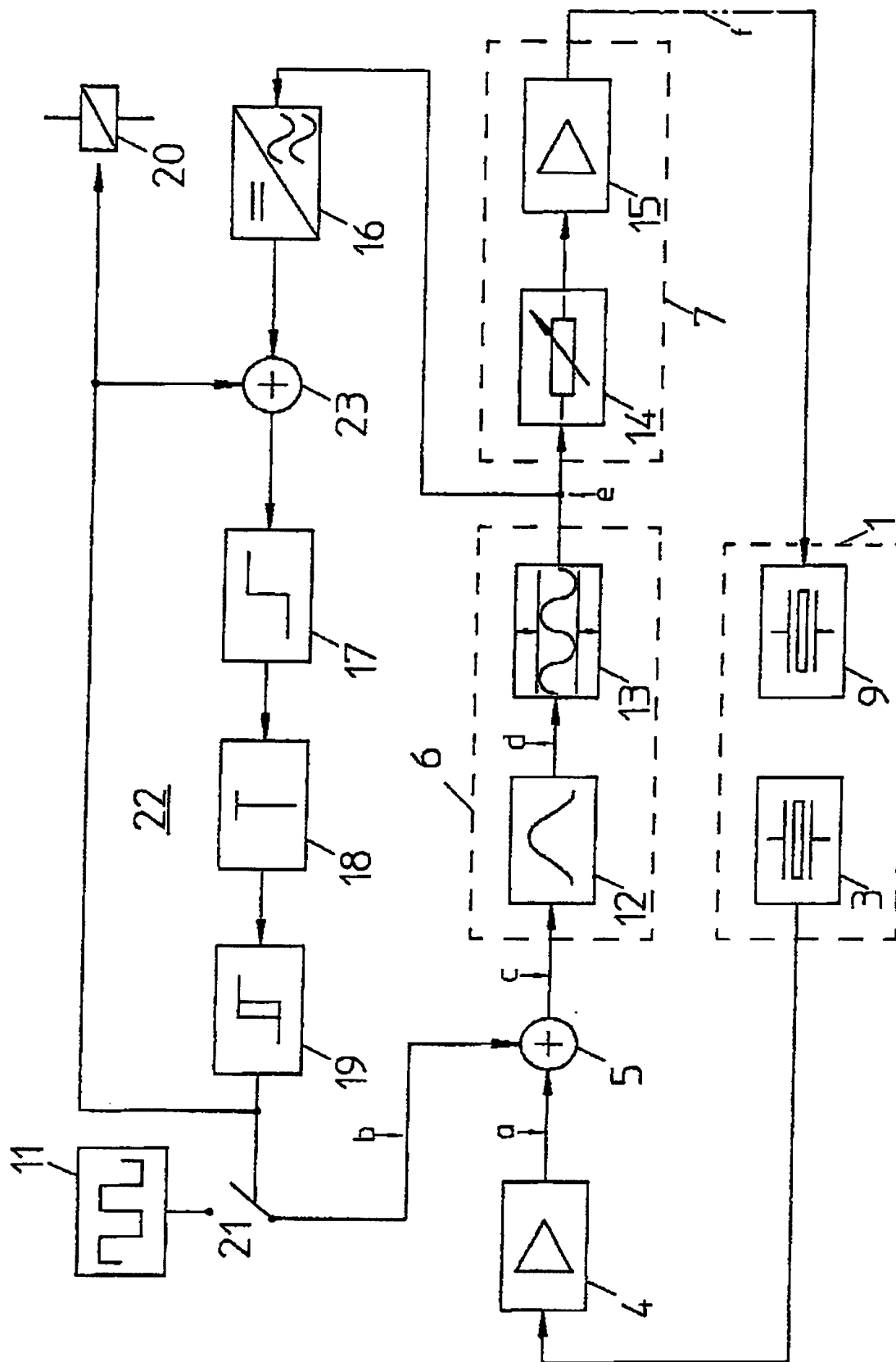


Fig. 2

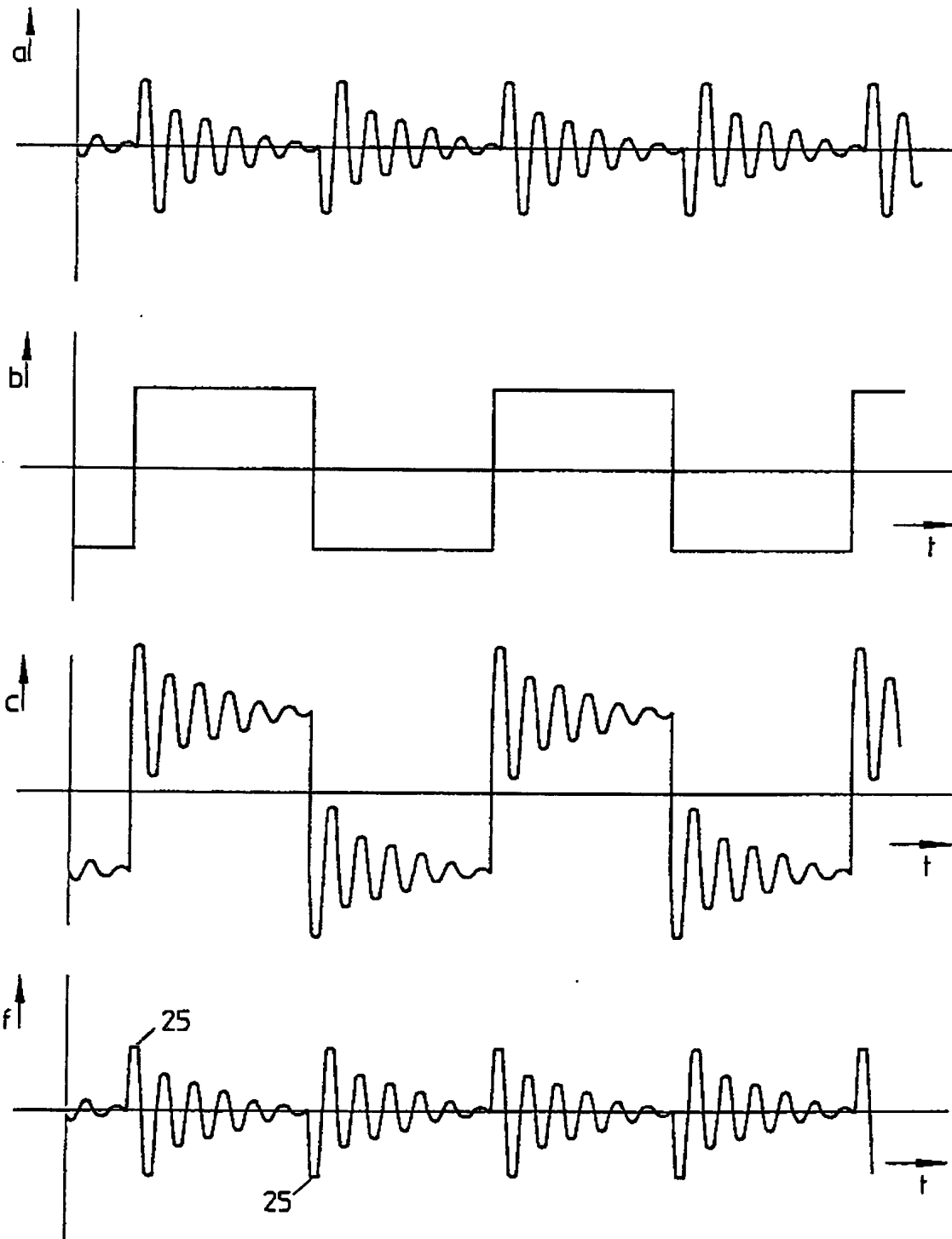


Fig. 3

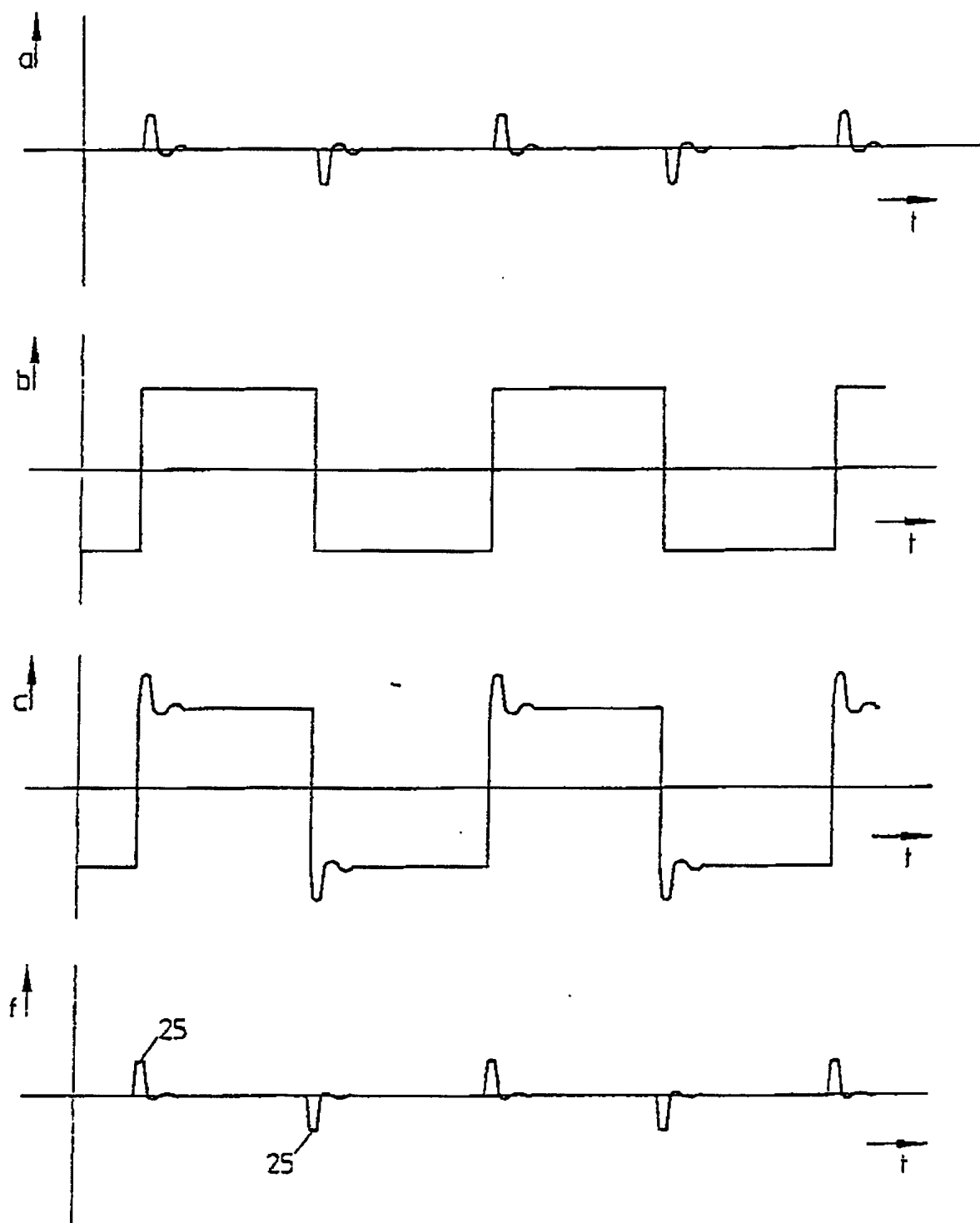


Fig. 4